

ЧИСТЫЕ УГОЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ГАЗИФИКАЦИЯ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОСОРТНЫХ ТОПЛИВ И ТКО

УДК 621.1

А. В. Азаров, Н. А. Семенов, В. А. Микула

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

aleksandrazarovv@gmail.com

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕПЛООБМЕН В КОТЛЕ- УТИЛИЗАТОРЕ

В работе рассчитано влияние загрязнений на коэффициент теплопередачи воздухоподогревателя котла-утилизатора при разных скоростях ($w = 2\text{--}10$ м/с) и диаметрах ($d = 20\text{--}60$ мм).

Ключевые слова: *отложения; теплообмен; котел-утилизатор; нормативный метод.*

A. V. Azarov, N. A. Semenov, V. A. Mikula

Ural Federal University, Ekaterinburg

ANALYSIS OF THE EFFECT OF SEDIMENTS ON HEAT EXCHANGE IN THE BOILER-UTILIZER

The article contains analysis the effect of pollution on the heat transfer coefficient of the heat preheater of the heat recovery boiler at different speeds ($w = 2\text{--}10$ m/s) and diameters ($d = 20\text{--}60$ mm) was calculated.

Key words: *sediments; heat exchange; waste heat boiler; regulatory method.*

Производство пара котлами-утилизаторами (КУ) за счет использования теплоты отходящих газов технологических агрегатов (в основном, печей различного назначения) является распространенной технологией на предприятиях металлургической, химической, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности.

Одна из существенных проблем, с которой сталкиваются в КУ, это отложения на поверхностях нагрева.

На рис. 1 представлены загрязнения поверхностей нагрева КУ медеплавильных печей [1].

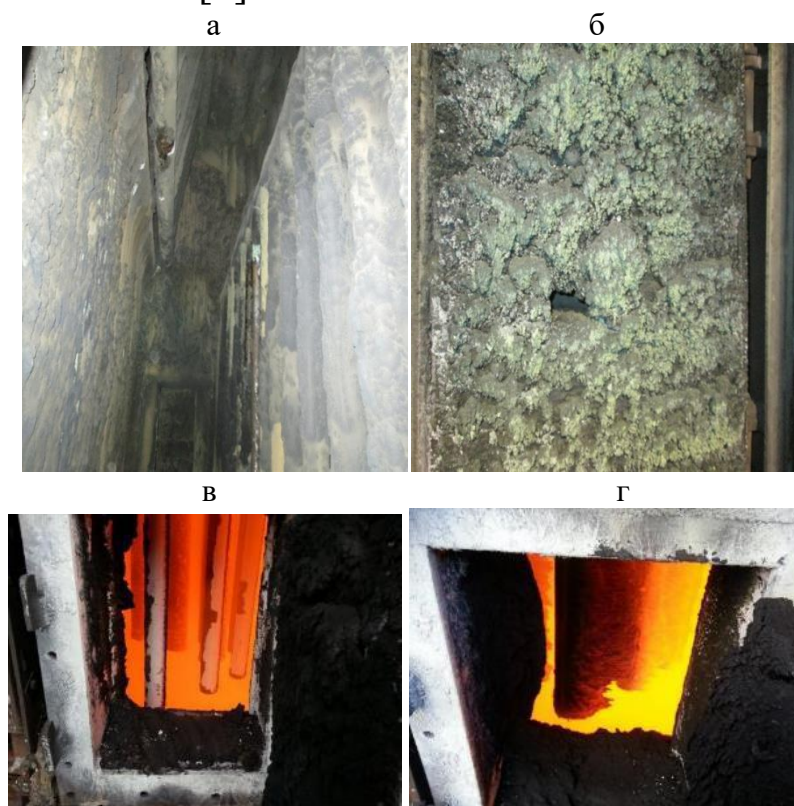


Рис. 1. а, б – отложения на поверхностях нагрева КУ ОАО «Святогор»;
в, г – отложения на поверхностях нагрева КУ ОАО «Уралэлектромедь»

Основным документом, по которому проводят расчет котельных агрегатов, является нормативный метод [2]. В нем влияние загрязнений учитывается с помощью коэффициента загрязненности ε . В общем виде этот коэффициент рассчитывается по формуле (1)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_M}{\lambda_M} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_H}{\lambda_H}}, \quad (1)$$

где $\frac{\delta_3}{\lambda_3} = \varepsilon$, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{С})/\text{ккал}$.

Методика расчета вышеуказанного коэффициента загрязнения была принята как для плоской стенки.

В наших расчетах мы пренебрегаем термическими сопротивлениями накипи $(\frac{\delta_H}{\lambda_H})$ и металла $(\frac{\delta_M}{\lambda_M})$, поскольку их значения несоизмеримо малы по сравнению с остальными.

Для испарительных поверхностей нагрева коэффициент теплоотдачи газов (α_1) значительно ниже коэффициента теплоотдачи к воде и пару, поэтому мы используем для расчета формулу (2).

$$k = \frac{\alpha_1}{1 + \varepsilon \cdot \alpha_1}, \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{С}), \quad (2)$$

где ε – коэффициент загрязнения, α_1 – коэффициент теплоотдачи от газов.

Для воздухоподогревателя котла-утилизатора коэффициент теплоотдачи к воздуху соизмерим с коэффициентом теплоотдачи от газов, поэтому коэффициент теплопередачи будет рассчитываться по формуле (3)

$$k = \frac{\alpha_1}{1 + \left(\varepsilon + \frac{1}{\alpha_2}\right) \alpha_1}, \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{С}), \quad (3)$$

где ε – коэффициент загрязнения, α_1 – коэффициент теплоотдачи от газов, α_2 – коэффициент теплоотдачи к воздуху.

При сжигании твердых топлив коэффициент загрязнения ε зависит от скорости газов, диаметра и шага труб, а также от фракционного состава золы, содержащейся в продуктах сгорания. Рассчитывается коэффициент загрязнения по формуле (4).

$$\varepsilon = C_d \cdot C_{\text{фр}} \cdot \varepsilon_0 + \Delta\varepsilon, (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{С}), \quad (4)$$

где ε_0 – исходный коэффициент загрязнения, зависящий от скорости газов и относительного продольного шага труб; C_d – поправка на диаметр, $C_{\text{фр}}$ – поправка на фракционный состав золы, характеризующийся величиной R_{30} – содержанием частиц размером более 30 мкм; поскольку надежные данные о фракционном составе золы топлива отсутствуют, значение коэффициента принято за единицу; $\Delta\varepsilon$ – поправка, принимаемая по таблице [2]. Коэффициент C_d и исходный коэффициент загрязнения ε_0 определялись по графикам [2].

В результате выполненных расчетов были построены графики, представленные на рис. 2 и 3, показывающие влияние загрязнений на коэффициент теплопередачи при разных скоростях и диаметрах.

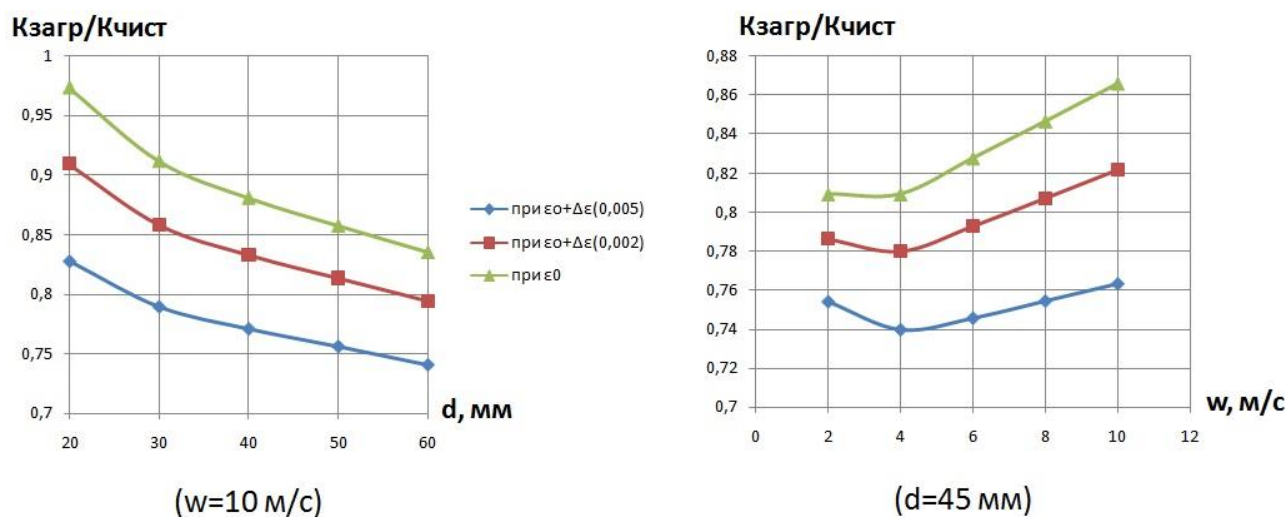


Рис. 2. Влияние загрязнений на коэффициент теплопередачи воздухоподогревателя котла-утилизатора

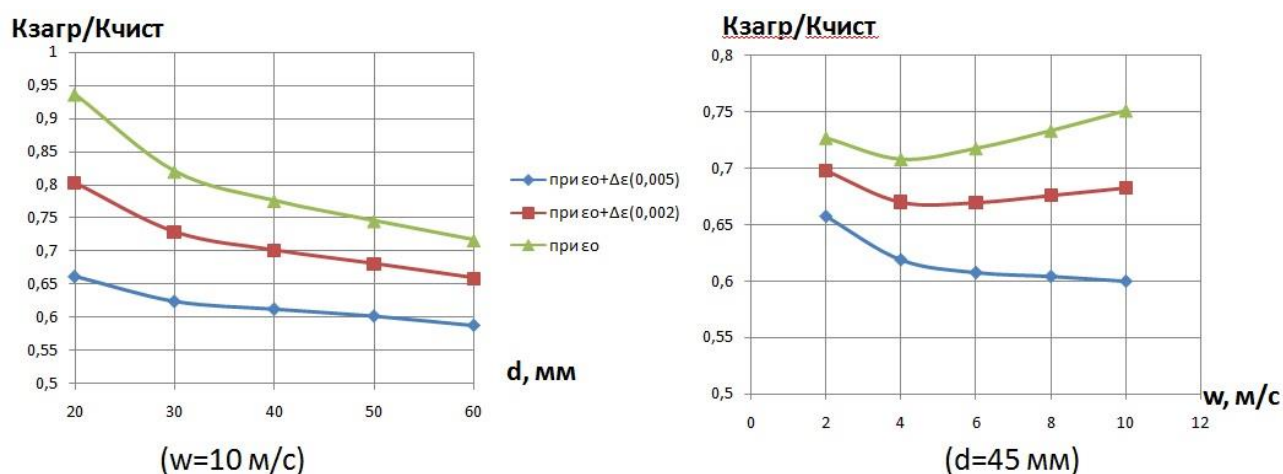


Рис. 3. Влияние загрязнений на коэффициент теплопередачи воздухоподогревателя котла-утилизатора

В дальнейшем планируется продолжать исследования по этой проблеме и на следующем этапе выполнить моделирование теплообменных загрязненных поверхностей нагрева КУ медеплавильной печи в таких пакетах как blueCFD-Core и SALOME.

Список использованных источников

1. Экспериментальные исследования теплотехнических характеристик термосифонов котлов-утилизаторов : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.04 / А. И. Папченков ; [Место защиты: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина]. Екатеринбург : 2018. 178 с.
2. Тепловой расчет котлов: нормативный метод, изд. 3-е. СПб. : Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. 256 с.